

学校编码: 10384

分类号\_\_\_\_\_密级\_\_\_\_\_

学号: 19320051301946

UDC\_\_\_\_\_

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

大功率白光 LED 的荧光粉涂覆工艺  
及散热技术研究

Research on Phosphor Coating Process and Cooling  
Technology of High-power White LED

刘永玺

指导教师姓名: 熊 兆 贤 教授

专 业 名 称: 材料物理与化学

论文提交日期: 2008 年 6 月

论文答辩时间: 2008 年 7 月

学位授予日期: 2008 年 月

答辩委员会主席: \_\_\_\_\_

评 阅 人: \_\_\_\_\_

2008 年 7 月

厦门大学博硕士论文摘要库

# 厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为( )课题(组)的研究成果,获得( )课题(组)经费或实验室的资助,在( )实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学博硕士论文摘要库

## 厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（        ） 1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，  
于        年        月        日解密，解密后适用上述授权。

（        ） 2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年        月        日

厦门大学博硕士论文摘要库

## 摘 要

在世界范围内白光 LED 照明已经成为重要经济价值和社会意义的高新技术产业。本论文首先阐述全球 LED 的发展概况、白光 LED 的器件结构和工作原理、LED 封装的主要工艺以及 LED 荧光粉涂覆传统工艺的局限性；然后针对大功率白光 LED 封装关键技术的荧光粉涂覆工艺技术和散热技术开展具体研究。

本论文首先针对蓝光芯片与黄色 YAG:Ce 荧光粉的光学匹配性，对所选用蓝光芯片和不同型号荧光粉样品的光谱及色坐标进行测试与分析，筛选出与芯片最佳匹配的荧光粉型号，为下一步荧光粉涂覆实验做好准备；并讨论蓝光芯片与荧光粉匹配性对白光 LED 器件发光性能的影响。

然后提出并实施荧光粉涂覆新工艺：通过添加气相  $\text{SiO}_2$  对荧光粉和树脂混合物进行改性，并利用自行设计的升降装置和模具，制备出形状规则、厚度一致和分布均匀的荧光粉涂层，改善大功率白光 LED 的光学均匀性与一致性；同时研究在该涂覆工艺实施过程中气相  $\text{SiO}_2$  含量、荧光粉涂层结构形状、封装树脂性能和荧光粉用量等因素对涂层效果以及 LED 发光性能的影响。

最后以有限元分析理论为基础，利用 Ansys 软件对封装结构、使用材料和封装质量对大功率 LED 热场分布进行模拟分析，总结出这些因素对大功率 LED 热场分布的影响；并以热场模拟分析结果为指导，根据现有实验条件，自行设计并制备出大功率 LED 封装用氧化铝陶瓷散热基板，并对氧化铝陶瓷基板与铝金属基板的散热效果进行实际验证比较，结果表明氧化铝陶瓷基板的散热效果明显好于金属铝基板。

**关键词：**LED 照明；大功率封装；荧光粉涂覆；散热模拟；陶瓷基板

厦门大学博硕士论文摘要库



## Abstract

White LED lighting had become a newly high technology with great economic and social importance in the world. The packaging technique of high power LED lighting was focused in this thesis.

In the first chapter, the development of LED lighting in the world, the structure and mechanism of white LED, and packaging process applied currently, especially the coating technique of phosphor for high power white LED and its limitation, were reviewed.

The matching of the spectra between blue LED chip and yellow phosphor was then evaluated so as to improve the conversion efficiency and the output light quality of white LED lighting. The measurement of the emission spectra for the LED chip, and, the emission and excitation spectra of the phosphors was carried out to optimize the conversion efficiency of white LED lighting.

A novel technique for the coating of phosphor was proposed, and then adopted to obtain a phosphor layer with controllable and uniform shape, which was developed by using of fumed  $\text{SiO}_2$  particles. New kind of mould and a switch were made by ourselves which controlled the chip up or down. Therefore high power LED samples with the phosphor layer of uniform thickness and shape and excellent performance were achieved. The effect of the fumed  $\text{SiO}_2$ , organic resins, shape of the phosphor layer and the phosphor on the performance of LED lighting was discussed in details.

Based on the heat transfer theory, a theoretic simulation was conducted. With the finite element method, a model of LED lighting was adopted by the Ansys software. The result of LED lighting was influenced by the structure, material and processing of the packaging.

According to the result, a ceramic plate was made and compared with the Al plate for the effect of heat transmission.

**Key Words:** LED lighting, high power LED packaging, phosphor coating, heat transfer simulation, ceramic plate

厦门大学博硕士论文摘要库

## 目 录

摘 要 .....	I
Abstract .....	II
目录 .....	I
Contents.....	I
第一章 绪论 .....	1
1.1 概述 .....	1
1.2 LED 发展概况 .....	2
1.2.1 国内外 LED 技术发展.....	2
1.2.2 LED 发光市场应用前景.....	5
1.3 大功率 LED 封装基础 .....	8
1.3.1 大功率 LED 发光原理及其结构.....	8
1.3.2 芯片制作过程.....	12
1.3.3 封装结构的演变.....	14
1.3.4 白光 LED 原理.....	16
1.4 本论文研究内容 .....	18
第二章 蓝光芯片与 YAG:Ce 黄色荧光粉的光谱匹配性研究.....	21
2.1 匹配性原理介绍 .....	21
2.2 匹配性实验方法 .....	21
2.3 匹配性实验结果与讨论 .....	22
2.4 小结 .....	26
第三章 大功率 LED 荧光粉涂覆工艺研究 .....	27
3.1 传统荧光粉涂覆工艺技术 .....	27
3.1.1 目前国内荧光粉涂覆工艺概况.....	27
3.2 新型荧光粉涂覆工艺实验 .....	28
3.2.1 实验原材料及设备.....	29
3.2.2 实验工艺流程.....	30

3.3 实验测试平台的建立 .....	31
3.4 新工艺成型效果及讨论 .....	33
3.4.1 新工艺下荧光粉涂层的成型效果.....	33
3.4.2 新涂覆工艺制备 LED 的发光性.....	35
3.4.3 不同荧光粉涂层结构 LED 的光学性能.....	44
3.4.4 树脂性能对样品光学性能的影响.....	46
3.4.5 气相 SiO <sub>2</sub> 含量对涂覆工艺效果的影响 .....	49
3.4.6 荧光粉含量对发光性能的影响.....	51
3.5 小结 .....	54
第四章 封装中的散热机制及热模拟.....	55
4.1 散热机制 .....	55
4.1.1 热的产生.....	55
4.1.2 热对 LED 的影响.....	55
4.1.3 热传导理论.....	57
4.2 制冷方式 .....	60
4.3 基于 Flipchip 型大功率 LED 封装的热模拟.....	62
4.3.1 衬底粘结材料对温度分布影响的热模拟.....	64
4.3.2 散热基板材料对封装散热效果影响的热模拟.....	71
4.4 小结 .....	74
第五章 大功率 LED 用氧化铝陶瓷散热基板的设计与制备 .....	75
5.1 氧化铝陶瓷散热基板的设计思路 .....	75
5.2 氧化铝陶瓷散热基板的制备工艺 .....	76
5.3 氧化铝陶瓷散热基板的性能测试 .....	78
5.4 陶瓷基板散热效果的验证比较 .....	79
5.5 小结 .....	80
结论.....	81
参考文献.....	83
致谢 .....	87
发表论文情况 .....	88

# Contents

<b>Abstract .....</b>	<b>I</b>
<b>Contents.....</b>	<b>I</b>
<b>Chapter 1 Preface .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Overview .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Progress and Status of LED Lighting.....</b>	<b>2</b>
1.2.1 Status of LED in the World .....	2
1.2.2 Application of LED Lighting .....	5
<b>1.3 Fundamental of HP-LED Packaging. ....</b>	<b>8</b>
1.3.1 Structure and Mechanism of HP-LED Lighting .....	8
1.3.2 Processing of HP-LED Chip Preparation .....	12
1.3.3 Progress of LED Packaging Structures.....	14
1.3.4 Mechanism of White LED Lighting .....	16
<b>1.4 Main Contents of the Thesis.....</b>	<b>19</b>
<b>Chapter 2 Matching of Spectra Between Blue Chip and Yellow Phosphor.....</b>	<b>21</b>
<b>2.1 Introduction of the Matching Mechanism .....</b>	<b>21</b>
<b>2.2 Process of the Matching Experiment .....</b>	<b>21</b>
<b>2.3 Results and Discussions of the Matching.....</b>	<b>26</b>
<b>2.4 Summary.....</b>	<b>26</b>
<b>Chapter 3 Development of Phosphor Coating Technique .....</b>	<b>27</b>
<b>3.1 Introduction to Phosphor Coating Techniques .....</b>	<b>27</b>
3.1.1 Progress and Status of the Phosphor Coating .....	27
<b>3.2 Experiment of the Phosphor Coating.....</b>	<b>28</b>
3.2.1 Raw materials and Instruments.....	29
3.2.2 Process of the Experiment .....	30
<b>3.3 Testing Apparatus .....</b>	<b>31</b>
<b>3.4 Results and Discussion of the New PhosphorCoating Method .....</b>	<b>33</b>
3.4.1 Effect of the New Coating Method on Phosphor Layer.....	33
3.4.2 Testing of the LED Luminescence Performance .....	35
3.4.3 Effect of Phosphor Layer on LED Performance.....	43
3.4.4 Effect of Packaging Resin on LED Performance.....	46

3.4.5 Effect of SiO <sub>2</sub> Content on Phosphor Coating .....	49
3.4.6 Effect of Phosphor Content on LED Luminous Performance .....	51
<b>3.5 Summary.....</b>	<b>54</b>
<b>Chapter 4 Theory of Heat Transfer and Simulation of Packaging.....</b>	<b>55</b>
<b>4.1 Theory of Heat Transfer.....</b>	<b>55</b>
4.1.1 Generation of Heat.....	55
4.1.2 Effect of Heat on LED .....	55
4.1.3 Theory of Heat Conduction.....	57
<b>4.2 Cooling Techniques .....</b>	<b>60</b>
<b>4.3 Heat Simulation of LED Packaging Based on Flip-chip HP-LED .....</b>	<b>62</b>
4.3.1 Heat Simulation of Effect of Sealing Materials Between Subment and Heatsink Slug .....	64
4.3.2 Heat Simulation of Effect of Different Cooling Board.....	71
<b>4.4 Summary.....</b>	<b>74</b>
<b>Chapter 5 Design and Preparation of Ceramic Plate for HP-LED</b>	
<b>Packaging.....</b>	<b>75</b>
<b>5.1 Idea for the Designing of Ceramic Plate .....</b>	<b>75</b>
<b>5.2 Precess of the Ceramic Plate .....</b>	<b>76</b>
<b>5.3 Testing of the Ceramic Plate .....</b>	<b>78</b>
<b>5.4 Testing of the Performance of the Ceramic Plate.....</b>	<b>79</b>
<b>5.5 Summary.....</b>	<b>80</b>
<b>Conclusion .....</b>	<b>81</b>
<b>References.....</b>	<b>83</b>
<b>Acknowledgement.....</b>	<b>87</b>

## 第一章 绪论

### 1.1 概述

发光二极管 (Light Emitting Diodes, 简称 LED)是在半导体 p-n 结两端施加正向偏向电压时发出紫外、可见或红外光的发光器件,是新的固体发光光源(Solid State Lighting, SSL)。自从 1964 年第一支发光二极管问世以来,人们一直没有停止研究和开发的脚步,随着发光材料的开发和半导体制作工艺的改进,以及在芯片生长过程中引入了分布式布拉格反射(DBR)的结构、光学微腔(RC)和量子阱结构(QW)等,使得半导体照明用的发光二极管发光效率在近两年得到不断提高<sup>[1]</sup>,如图 1.1 所示。随着对 III-V 族化合物材料的深入研究、金属有机物化学气相沉积(MOCVD)生长技术的日趋成熟、超高亮大功率发光二极管(HP-LED)和 GaN 半导体材料制备工艺的不断完善,工业界已经开发了光电转换效率非常高的发光二极管,特别是采用氮化物半导体 GaN 的蓝光 LED 的实用化,将高亮度的蓝光 LED 与钇铝石榴石荧光粉(YAG: Ce)组合在一起<sup>[2]</sup>,开发出光效达 100lm/W 以上的白光 LED。

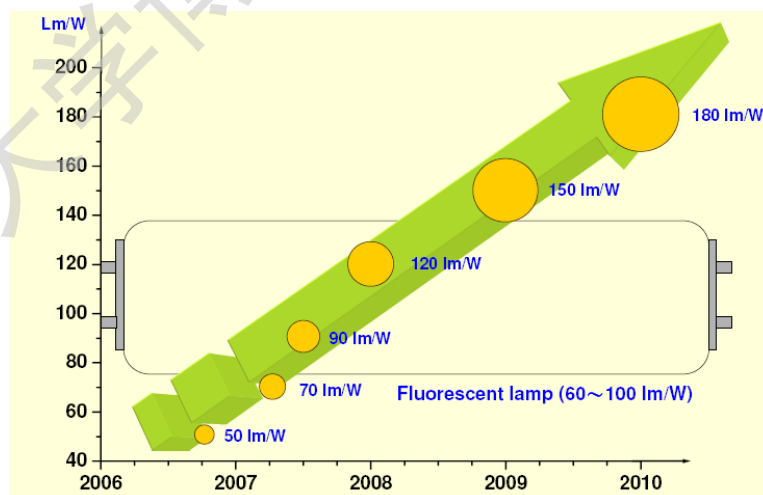


图 1.1 LED 发光效率的发展

白光 LED 光源研制的成功,为其以后在普通照明领域的应用发展创造了条件,从表 1.1 中可以看出,LED 光源与白炽钨丝灯泡及荧光灯等传统光源相比<sup>[3]</sup>,

其最吸引世界目光的就是节能和环保的特性。与普通白炽灯相比,白光 LED 照明可节电 80%~90%、与荧光灯相比可节省 50% 的电能;寿命可达 8~10 万小时,是白炽灯的 20~30 倍,是荧光灯的 10 倍,特别是它与太阳能电池、电磁感应电池联合使用后<sup>[4]</sup>,更是一种极具竞争力的绿色光源,有望在未来 5~15 年内成为新一代理想的固态节能照明光源<sup>[5]</sup>,为人类照明史谱写新的篇章。

表 1.1 白光 LED 与其他光源特性的比较

照明方式	特 点
白光 LED	具有省电节能,环保(无汞金属等污染),寿命长(十万小时),抗震、抗冲击能力强,反应速度快,体积小等优点 荧光灯省电,寿命 5000 小时但废弃物有汞污染、易碎等问题。 低效率、高耗电、寿命短(1000 小时)、易碎。
荧光灯	
白炽钨丝灯泡	

半导体照明是 21 世纪最引人瞩目的新技术领域一个焦点,而其发展又是一个交叉复杂的过程,涉及到材料、器件结构、光学设计、封装工艺、电源电路、灯具选用、照明效果与视觉匹配等多技术领域<sup>[6]</sup>。LED 的研发以及产业化将成为今后光电子、材料、能源、半导体行业等多个行业的另一重要发展方向。迄今,美、日、西欧以及我国台湾地区竞相投入大量资金开发白光 LED 绿色光源。我国自“八五”期间就十分关注 LED 发展,通过“863”科技攻关、高技术创新、产业化资金重点支持,已取得研发成果和诸多专利,但白光 LED 核心技术研发及产业化情况与发达国家相比尚有一定差距。

## 1.2 LED 发展概况

### 1.2.1 国内外 LED 技术发展技术

随着半导体节能、环保照明工程的推动,普通照明市场对高亮度白光 LED 器件的需求是巨大的<sup>[7]</sup>。用 LED 固体灯取代白炽灯和荧光灯等传统照明光源已成为本世纪的未来发展目标。白光 LED 照明产业的发展将影响到一个国家和地区的能源战略和环保战略,因此受到各个国家、地区的重视和大力支持<sup>[8]</sup>。日本、



Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库